

PREMIERS RESULTATS D'INTRODUCTION DU SEMIS DIRECT SOUS COUVERT ET LUTTE ANTIEROSIVE EN TUNISIE

Michel RAUNET
CIRAD CA - BP 5035
34032 Montpellier Cedex 1 - France
Michel.Raunet@cirad.fr

Jean-François RICHARD
AFD - 17, avenue Jugurtha - 1002
Tunis Belvédère - Tunisie
richardjff@tn.groupe-afd.org

Dominique ROJAT
AFD - 5, rue Roland Barthes
75 Paris Cedex 12 - France
rojatd@afd.fr

Résumé : en Tunisie, les défis majeurs, au plan agricole et environnemental, de l'érosion et de la dégradation des terres ont été relevés, de longue date, par des techniques mécaniques de conservation des eaux et des sols, à coût élevé pour l'Etat, mais avec une faible appropriation par les agriculteurs et un rapport coût/efficacité qui pose question. L'agriculture de conservation à base de semis direct, expérimentée dans le Nord du pays depuis 1999, a prouvé son efficacité entre autres pour la rétention de l'eau et la limitation de l'érosion. Elle représente d'ores et déjà une perspective d'alternative viable et doublement gagnante, permettant à la fois d'augmenter le revenu agricole et, potentiellement, d'épargner des fonds publics. Il est prévu de poursuivre les recherches et les essais en cours pour consolider les premiers résultats et explorer complètement les options de développement permises par cette nouvelle approche.

Mots-clés : dégradation des terres, érosion, gestion de l'eau, Tunisie, agriculture de conservation, semis direct.

Summary : in Tunisia, the major agricultural and environmental challenges of erosion and land degradation have long been addressed through mechanical water and soil conservation techniques, with high public expenditure but little farmer ownership - and a questionable cost/efficiency ratio. Conservation agriculture based on no tillage, which has been tested in the northern part of the country since 1999, has proven to be effective, among others, in retaining water and limiting erosion. It already represents a prospect for a viable and win-win alternative solution, both increasing farm income and potentially saving public funds. Further research and testing is planned to consolidate the first results and fully explore the development options opened through this new approach.

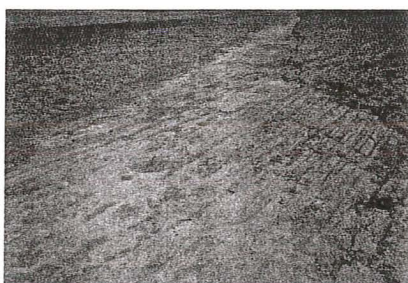
Key words : land degradation, erosion, water management, Tunisia, conservation agriculture, no tillage.

1. L'érosion des sols : une catastrophe écologique en Tunisie

Avec la rareté de l'eau, l'érosion des sols est un enjeu majeur de l'agriculture tunisienne. L'évaluation faite en 1996 sur l'ensemble du pays par le Ministère de l'Agriculture, de l'Environnement et des Ressources Hydrauliques (MEARH) chiffre à 3,5 millions d'hectares, soit les 2/3 de la surface agricole utile du pays (d'un total de 5 millions d'hectares) les superficies menacées autant par l'érosion hydrique que par la désertification, parmi lesquelles 1,5 million d'hectares sont menacés par une érosion intense.

La seule érosion hydrique occasionne chaque année la perte de 500 à 600 millions de m³, représentant 10 000 à 15 000 hectares de terres cultivables.

Des mesures d'érosion précises ont été effectuées par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) sur le bassin versant du barrage de Zanfour au Kef. Ce travail a observé les érosions sur un bassin versant de 4 300 ha dans une zone de pluviométrie annuelle de 400 à 500 mm sous climat semi-aride inférieur de nuance continentale avec amplitude thermique annuelle forte de 32 à 33° C. Les résultats des érosions globales pondérées par les superficies des différents types de sols ont donné en moyenne une érosion de 5,42 t/ha/an (3,61 m³) avec une pluviométrie moyenne, mais de 3,21 t/ha/an (2,14 m³) avec une pluviométrie faible (décennale sèche) et 12,73 t/ha/an (8,52 m³) avec une pluviométrie forte (décennale humide).



Photos 1 à 4 : dans les parcelles, c'est toute l'épaisseur du labour qui peut être enlevée par l'érosion hydrique, avec une forte accumulation d'éléments solides en bas de pente.

Les facteurs en cause sont nombreux : irrégularité et intensité des précipitations, topographie souvent accidentée, sols souvent dénudés aux périodes critiques, surpâturage des terres de parcours et des chaumes sur les terres céréalières, pauvreté en matière organique et vulnérabilité des sols - notamment lors des pluies d'orage sur sols nus et secs en août-septembre - entretenant un cercle vicieux de dégradation de la fertilité dans lequel les façons culturales mécanisées jouent un rôle important. Les pratiques des agriculteurs associent un ou deux labours profonds entre juin et octobre, avant la culture d'automne, en général une année sur deux ou une année sur trois, destinés à faire entrer et à stocker l'eau dans le sol, suivis de

travaux croisés et répétés aux cultivateurs, herbes ou disques pour éradiquer les mauvaises herbes consommatrices d'eau et former un *mulch* poussiéreux - avec pour résultat fréquent la formation d'une croûte de battance particulièrement sensible à l'érosion hydrique, ce qui *in fine* va à l'encontre du but poursuivi.

Le présent article revient sur cette problématique de l'érosion et de la gestion de l'eau à travers les remèdes qui y ont été apportés : procédés physiques de conservation des eaux et des sols d'une part, et approche agronomique visant à modifier les pratiques agricoles d'autre part. Dans cette perspective, il expose les premiers résultats obtenus par le programme de recherche-développement sur les systèmes de culture en semis direct mené en Tunisie depuis 1999 dans les régions du Kef, de Béja, de Mateur et de Siliana.

2. Les réponses apportées au problème de l'érosion : de la conservation des eaux et des sols à l'agriculture de conservation

Les approches interventionnistes de la « défense et restauration des sols » (DRS) ou de la « conservation des eaux et des sols » (CES) ont longtemps été les seules réponses pratiquées pour lutter contre l'érosion. Depuis peu cependant, le développement des techniques d'agriculture de conservation offre une alternative.

2.1. La CES en Tunisie

Historiquement, les techniques de CES ont été très largement utilisées en Tunisie ; dès l'époque romaine, on y trouve des seuils de rétention d'eau et d'épandage de crues, ainsi que des impluviums, aqueducs, citernes, etc.

A l'époque moderne, après une période de grands travaux purement mécaniques, la constitution du centre de recherches et d'expérimentation du génie rural, en 1960, avec l'appui de la société d'études SCET-Coopération, a permis d'affiner l'approche :

- par l'étude de la stabilité structurale des sols, qui a été mise en relation avec leur teneur en humus et leur granulométrie, ainsi qu'avec la pente et le couvert végétal ;
- par l'étude des conséquences de l'impact des gouttes de pluie sur le sol sur l'érosion (« effet splash »), et la mesure du ruissellement et des débits solides associés.

L'IRD, en collaboration avec des organismes de recherche tunisiens dont l'Institut National de Recherche du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (INRGREF), a acquis de son côté de nombreuses références sur la problématique de l'eau et de la CES en Tunisie.

De ces différents travaux sont issues des normes de construction pour les ouvrages de CES (dispositifs de correction et de stabilisation de ravins, cordons en pierres sèches, ados (ou bourrelets) en terre consolidés, banquettes manuelles ou mécaniques) et des recommandations, qui restent d'actualité, sur le maintien du couvert forestier à l'amont des bassins versants, la gestion des parcours pastoraux, la limitation du piétinement des animaux sur les chaumes, les façons culturales et l'utilisation de couvertures végétales.

Mais la mise en œuvre de ces recommandations se heurte à de nombreuses contraintes car elle suppose une révision complète des modes d'utilisation des ressources et des systèmes de production.

La Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles (DGACTA) du MAERH, qui regroupe les anciennes directions de la CES et des sols, met en œuvre la stratégie nationale, qui diversifie les interventions entre le Sud (technique dite *Jesour*, consistant à faciliter l'infiltration des eaux dans les fonds de vallées en U en les barrant par des digues en terre peu mais régulièrement espacées), le Centre (épandage des eaux de crues) et le Nord (lacs collinaires). Parallèlement sont mises en œuvre dans tout le pays des techniques générales : banquettes mécaniques, techniques douces (réalisation d'ados de faible hauteur en courbes de niveau, au tracteur et à la charrue, sur des sols de faible pente) et correction de ravins.

Ces techniques mécaniques sont largement utilisées dans les projets de développement agricole et rural intégrés (PDARI) conduits dans le pays avec l'appui des bailleurs de fonds. L'Agence Française de Développement (AFD), notamment, a financé les PDARI des gouvernorats du Kef (Nord-Ouest), de Siliana (centre Nord) et de Sidi Bouzid (Centre).

La CES a des coûts élevés : les banquettes réalisées manuellement reviennent à environ 400 DT/hectare, et 600 DT/hectare lorsqu'elles sont consolidées avec des plantations (1 Dinar tunisien - DT - = 0,69 Euro) ; les banquettes réalisées mécaniquement coûtent environ 600 DT/hectare. Les fentes mécanisées sur parcours pastoraux et les bandes enherbées, plus simples, reviennent respectivement à 200 et 175 DT/hectare.

A l'échelle des projets de développement, la CES représente des dépenses très importantes : ainsi le coût de cette composante s'élève à 26 % du budget pour le PDARI de Siliana soit 11,1 millions DT, et 20 % du budget pour le PDARI du Kef soit 10,6 millions DT. L'ensemble totalise l'équivalent de 15 millions d'Euros sur une durée de vie des projets de cinq ans.

Ces investissements ont à tout le moins des effets importants de distribution de revenus en milieu rural *via* des travaux en régie ou à l'entreprise et, malgré le manque d'évaluations précises, une certaine efficacité, constatable au moins *de visu*. L'IRD, dans le travail déjà cité sur le bassin versant du barrage de Zanfour, a simulé le traitement du bassin versant par des banquettes sur une surface limitée de 186 ha et en a déduit qu'il en résulterait une diminution localisée de l'érosion de 7 t/ha/an, mais qu'une fois rapportée à l'ensemble du bassin versant la diminution serait de 0,3 t/ha/an - ce qui représente une réduction de l'ordre de 6 % par rapport à l'érosion moyenne qui avait été évaluée à 5 t/ha/an.

Mais les travaux de CES se traduisent par une perte de surface cultivable, qui peut aller jusqu'à 10 % sur des pentes de 8 %, et une dilution de la matière organique, habituellement concentrée en surface, d'où une altération des qualités physiques du sol, de sa cohésion et de sa résistance à l'érosion ; de plus, la CES est utilisée de manière standardisée, avec trop peu d'adaptation aux contextes pédologiques et agronomiques. Elle peut même devenir contestable quand certaines méthodes, pourtant éprouvées, sont employées au-delà des conditions limites, ce qui ne fait alors qu'accélérer les dégâts de l'érosion. Ainsi par

exemple lorsque l'installation de banquettes par emprunt à des sols pulvérulents et de faible épaisseur, sur substrat calcaire, crée une configuration instable et dégradée qui peut entraîner une accélération de la mise à nu de la roche mère par rapport aux conditions naturelles, surtout si les aménagements conduisent à une perturbation des écoulements avec accélérations locales, situation pouvant devenir catastrophique en cas de fortes pluies.



Photo 5 : occupation de la surface utile par les banquettes.

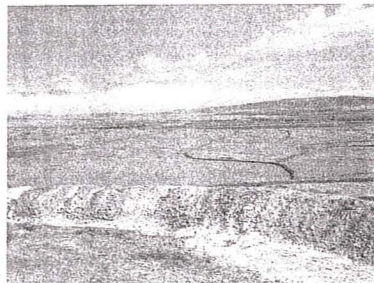
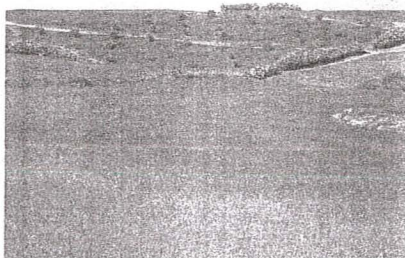


Photo 6 : altération du sol suite à la construction de banquettes.



Photos 7 et 8 : pertes de fertilité en interbanquettes (zones clairsemées).

Coûts élevés, conditions d'emploi et efficacité discutables : l'impact économique de la CES, dont l'évaluation devrait intégrer des observations diversifiées géographiquement, topographiquement et pédologiquement, reste donc *a priori* sujet à caution.

Et enfin la CES reste avant tout l'affaire de l'Etat, qui prend en charge l'essentiel des dépenses d'investissement, de stabilisation par des plantations d'arbres et d'entretien, la contribution des usagers étant très faible malgré le discours sur l'approche participative affiché par les projets de développement.

22. La voie agronomique : principes de l'agriculture de conservation

Face à l'aggravation des problèmes d'érosion à l'échelle mondiale, les acteurs de la coopération française (Ministère des Affaires Etrangères, AFD, Fonds Français pour

l'Environnement Mondial/FFEM, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement/CIRAD) cherchent à promouvoir l'agriculture de conservation à base de semis direct sous couverture végétale comme moyen de réduire l'érosion et la dégradation des sols, et d'améliorer la gestion de l'eau et la production agricole. Un « Programme Transversal Agroécologie » (PTA) a été lancé dans ce but en 2000, et la Tunisie est un des cinq pays concernés, avec Madagascar, le Cameroun, le Laos et le Mali (le Maroc, le Vietnam, le Cambodge et le Tchad pourraient suivre).

L'agriculture de conservation regroupe en fait différentes techniques de non travail du sol avec semis direct et installation ou non de couvertures vivantes ou mortes. Ces techniques ont été largement développées (Etats-Unis, Canada, Brésil, Argentine, Australie) durant les dernières décennies et on compte aujourd'hui un total de 72 millions d'hectares en non travail dont la plus grande part sur le continent américain.

Le CIRAD, avec l'animation permanente de Lucien Seguy, a mis au point des systèmes spécifiques et élaborés de semis direct sous couverture végétale permanente (SCV), en collaboration étroite avec les agriculteurs, dans des conditions climatiques et agronomiques contrastées, dans plusieurs régions du monde. Ces méthodes, qui reproduisent le fonctionnement d'un écosystème forestier naturel, sont basées sur deux principes :

- le sol n'est jamais travaillé, mis à part les sillons de semis direct ;
- il est couvert en permanence par une couverture vivante ou morte (*mulch végétal*).

Le *mulch*, qui provient des résidus de la culture principale ou des plantes de couverture qui la précèdent, lui succèdent ou lui sont associées, agit comme un obstacle à l'évaporation et une protection mécanique : il diminue l'effet splash et l'énergie cinétique de départ des gouttes d'eau, et s'oppose au déplacement latéral en formant des barrières physiques agissant comme des microbarrages. De plus, les plantes de couverture, installées en interculture ou en association avec la culture principale, jouent un rôle de « pompes biologiques » : grâce à un enracinement puissant, elles maintiennent le sol et permettent l'infiltration d'eau, tout en utilisant de l'eau d'horizons profonds et en recyclant des nutriments qui seront utilisables ensuite par les cultures principales lorsqu'ils seront restitués au sol par dégradation. Choisies pour être capables de produire rapidement une importante quantité de biomasse, même sous conditions défavorables (sols compactés, saison sèche, forte pression des mauvaises herbes), avec un cycle tel que la concurrence avec la culture principale soit limitée, les plantes de couverture sont, le moment venu, contrôlées mécaniquement ou à l'aide d'herbicides non polluants et utilisés à faible dose. Les cultures principales bénéficient de l'amélioration de la structure du sol qui leur permet un enracinement plus profond.

Les techniques de SCV, issues d'une démarche agronomique cohérente, sont porteuses d'une manière nouvelle de concevoir la protection du sol, qui n'est pas seulement vu comme un milieu physique inerte mais comme le lieu d'une activité biologique qui a une influence sur ses capacités à la rétention d'eau et à la résistance à l'érosion.

Dans les conditions des agricultures tropicales et méditerranéennes, où les rigueurs du climat (intensité des précipitations, exposition au rayonnement solaire), la pression foncière (avec abandon de la jachère), les besoins de l'élevage, étroitement associé à l'agriculture (pâture des résidus) et les façons culturales conjuguent leurs effets pour appauvrir et dégrader les sols, le semis direct, et particulièrement les SCV, apportent des solutions permettant

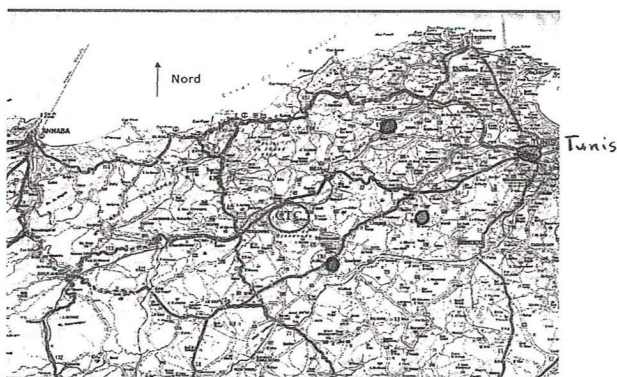
d'améliorer la teneur en matière organique et la structure des sols, d'utiliser plus efficacement l'eau et les nutriments, et de sécuriser et d'augmenter les rendements de l'agriculture et de l'élevage, dans des conditions compatibles avec la faible pluviométrie (on a pu installer en 2003 des plantes de couverture dans des zones à 300-500 mm) et les systèmes de production (même si des arbitrages seront toujours à faire entre l'utilisation des résidus ou des plantes de couverture pour l'alimentation animale ou pour l'amélioration de la fertilité).

Ainsi, dans les zones cultivées, les SCV pourraient offrir à la CES une alternative doublement gagnante puisque rentable pour l'agriculteur et à coût nul pour l'Etat.

3. L'expérimentation du semis direct en Tunisie

31. Cadre géographique, morphopédologie et système de culture

Les régions des gouvernorats du Kef et de Siliana ainsi que celles du Sud des gouvernorats de Bizerte (délégation de Mateur), de Béja (délégation de Goubellat) et de Jendouba, où et implanté le programme d'expérimentation en cours, possèdent un climat semi-aride à tendance continentale, avec des hivers froids. La pluviométrie annuelle moyenne de la zone d'agriculture pluviale va de 350 mm au Sud à plus de 700 mm au Nord. Elle augmente avec la latitude et l'altitude. Les pluies sont réparties en principe de manière assez équilibrée entre l'automne, l'hiver et le printemps. L'été est sec (40 mm en moyenne), des pluies orageuses pouvant survenir fréquemment à la fin du mois d'août et en septembre. Mais le fait dominant est la très grande variabilité et irrégularité des précipitations, avec des extrêmes allant de 180 mm au Sud les années sèches à 1 200 mm au Nord les années humides. Cette variabilité considérable se traduit par une récolte céréalière nationale très variable d'une année à l'autre, de l'ordre de 15 millions de qx en 1999-2000, 11 millions de qx en 2000-2001, 5 millions de qx en 2001-2002, et 25 millions de qx attendus en 2002-2003.



Carte de la région du projet avec la localisation du Centre Technique des Céréales/CTC, maître d'œuvre du programme (implanté à Bou Salem), et des principales zones d'essais.

Du point de vue morphopédologique, la région Centre-Nord et Nord de la Tunisie est une région de montagnes ou collines plissées ou à pendages redressés, marno-calcaires, plus rarement gréseuses (El Krib), séparées par de larges plaines et glacis colluvio-alluviaux, dont l'âge va du trias au quaternaire. Les lits mineurs et les terrasses récentes des cours d'eau, plus ou moins larges, sont inondables. Les principaux reliefs sont constitués par le système de la dorsale de Teboursouk, orientée SW-NE et dont les sommets sont généralement situés entre 300 et 900 m d'altitude, certains atteignant 1000 m près du Kef. Le système hydrographique (sauf pour la région de Mateur, qui draine vers le lac Ishkeul) alimente la vallée de la Medjerda, principal fleuve tunisien, de direction Ouest-Est.

On y distingue trois types principaux de sols :

- Les sols profonds « jeunes » sur colluvio-alluvions (plaines, glacis, dépôts de pentes) ou directement sur roches marneuses, dont les caractères dominants, influencés par l'environnement marno-calcaire, sont :
 - une teneur élevée en argile (50 à 80 %) et en calcaire actif, avec des pH de 7,5 à 8,5 en général,
 - une richesse fréquente en argiles gonflantes (montmorillonites) induisant des caractères « vertiques », d'autant plus que la pente est faible (grosses fentes de retrait en surface, faces de friction sur les agrégats, faible perméabilité à l'état humide, réserves en eau utile relativement importantes, de l'ordre de 175 à 250 mm/m...). On classe ces sols en sols bruns calcaires, vertiques ou non, et en vertisols. Ce sont la plupart du temps d'excellents sols, mais parfois carencés en oligo-éléments en raison d'un excès de calcaire.
- Les sols peu profonds (reliefs, parfois glacis de piémonts rabotés), pour lesquels les affleurements de tufs calcaires d'origine géologique ou pédologique (croûtes plus ou moins dures) sont fréquents, produisant des « sols squelettiques » (rendzines ...) à très faible réserve en eau.
- Les sols « anciens », rougeâtres ou brun-rougeâtres de 50 à 150 cm d'épaisseur avec croûte ou amas calcaires fréquents à la base, mais généralement décalcarifiés en partie supérieure, plus pauvres et à pH plus bas (6 à 6,5) que les sols bruns calcaires et vertisols, mais encore intéressants pour l'agriculture. On les classe habituellement dans les sols « fersiallitiques » ou les sols « isohumiques marron ». C'est le grand groupe des « terra rossa » méditerranéennes formées aux périodes humides du quaternaire.

Les glacis de piémont et bas-versants, lorsqu'ils sont labourés, présentent côte à côte une variété de couleurs : rouges, brunes, noires, blanches, qui reflètent le degré de troncature des sols par l'érosion. Les taches rouges sont les reliques de sols anciens, les autres taches indiquent une troncature soit dans les marnes (brun ou noirâtre), soit dans les tufs calcaires (blanc). En général, sur ces zones « bariolées », l'état des cultures annuelles (blé) ou pérennes (oliviers) traduit fidèlement les différences de fertilité et de comportement hydrique différentiel des sols.

L'érosion, sur les glacis et versants, est forte et prend toutes les formes : érosion en nappe, petites ravines, ravins, parfois mouvements de masse (solifluxion) et coulées boueuses.

Les pertes annuelles de terre s'étalent entre 10 et 150 t/hectare/an suivant la pente (inclinaison et longueur), les pratiques culturales, la couverture et la nature des sols. Les aménagements de DRS et CES à base de banquettes de rétention ou de diversion espacées selon différentes formules (Ramser, Bugeat, Saccardy) jouent exclusivement sur la longueur de la pente, ce qui n'est qu'un paramètre parmi d'autres.

Les systèmes de production sont à base de céréaliculture associée à l'élevage extensif d'ovins. Les exploitations agricoles ont des superficies de 4 à 300 hectares avec une moyenne de l'ordre de 20 à 60 hectares. Les plus petites (5 à 20 hectares) sont en montagne (région du Kef), les plus grandes (60 à 300 hectares) en plaine avec ou sans irrigation. Les plus grandes sont situées dans la Délégation de Mateur, considérée comme appartenant au « grenier à blé » de la Tunisie. Un certain nombre occupe les situations de glacis de piémont ou de reliefs collinaires. Les outils de travail du sol, souvent en location sauf pour les grosses fermes, sont essentiellement les charrues (socs ou disques), chisels, canadiens et covercrops.

32. Le dispositif

Le programme de recherche-développement sur le semis direct et les SCV en Tunisie est mis en œuvre par le Centre Technique des Céréales (CTC) sur financement de l'AFD et du FFEM ; il est réalisé chez des agriculteurs tunisiens avec la participation de l'Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef (ESAK), de l'Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT), des projets de développement agricole intégré de Siliana et du Kef et de la Société Cotugrain (fournisseur d'équipements et d'intrants pour l'agriculture). Du côté français, il implique le CIRAD, et en particulier Lucien Seguy, initiateur de ces programmes et chargé du programme Cultures Annuelles - Gestion des Ecosystèmes Cultivés au Brésil, Jean-Claude Quillet, pratiquant le semis direct depuis plusieurs années dans son exploitation de Touraine, et le Laboratoire d'Analyses Microbiologiques des Sols (LAMS) de Claude Bourguignon.

L'approche retenue a été de travailler pour, avec et chez les agriculteurs, ce qui explique, avec le caractère récent du programme, la rareté des mesures et des résultats scientifiques sur l'érosion et l'évolution de la matière organique dans les sols. Le projet comprend : i) des tests de comparaison entre semis direct et techniques conventionnelles sur une série de parcelles d'essais de quelques hectares ; ii) un suivi agroéconomique de deux exploitations agricoles consacrant une part significative de leur surface (plusieurs dizaines d'hectares) au semis direct ; et iii) la comparaison entre les techniques de CES et le semis direct sur une exploitation (ce dernier dispositif est en place depuis septembre 2002). Parallèlement, des essais d'acclimatation de plantes de couverture sont conduits en milieu contrôlé et des essais privés de semis direct, sans comparaison, se font chez des agriculteurs de plus en plus nombreux, en respectant les préconisations techniques du CTC et du CIRAD.

Les surfaces sont passées globalement d'une vingtaine d'hectares chez 11 agriculteurs en 1999-2000, à 125 ha d'essais et de tests chez une trentaine d'agriculteurs en 2000-2001, et à plus de 400 ha chez une quarantaine d'agriculteurs en 2001-2002. L'intérêt des agriculteurs reste soutenu et le nombre de ceux qui suivent les visites de terrain s'accroît sensiblement. La campagne 2002-2003 a vu plus de 1 000 hectares semés en semis direct et a enregistré les premiers essais de plantes de couverture chez des agriculteurs (*sorgho sudan grass*, mil et *Brachiaria* en fin de printemps, avoine en automne).

33. Les objectifs du programme

Les objectifs généraux, qui sont ceux de l'agriculture de conservation, sont de tester, en agriculture pluviale semi-aride et en agriculture irriguée, la possibilité technique et l'intérêt économique de cultiver sans aucun travail du sol en laissant au champ les résidus de récolte, et de tirer parti des opportunités pluviométriques pour accroître la biomasse en semant des plantes de couverture.

Ces options doivent avoir pour effet : i) de tirer le meilleur parti de la faible pluviométrie en favorisant l'infiltration et la rétention du peu d'eau disponible ; ii) de tamponner ainsi au maximum, pour une production régulière, les variations intra-annuelles et inter-annuelles des pluies ; iii) de supprimer ou limiter l'érosion ; iv) d'améliorer la structure et la teneur en matière organique des sols ; et v) de trouver des alternatives au pâturage des chaumes pour l'alimentation des ovins.

Pour cela, on recherche les conditions pour :

- alimenter à chaque épisode pluvieux (même avec de faibles pluies de 5 à 10 mm qui, en système conventionnel, s'évaporent) le réservoir constitué par le sol, avec le moins de pertes possibles par ruissellement, évaporation directe et évapotranspiration ;
- agir sur les rotations et successions culturales (favoriser la diversification des cultures et des couvertures), les itinéraires techniques, le choix des espèces et des variétés, et pratiquer des semis « d'opportunité » afin que toute l'eau arrivant au sol soit utilisée, à un moment ou à un autre, pour la production de grain ou de biomasse « utile », y compris en dessous de 30 cm de profondeur, là où en agriculture conventionnelle les racines de céréales ne vont généralement pas ;
- améliorer l'état de surface du sol (rugosité) et ses propriétés physiques (structure, porosité, suppression des discontinuités ...).

Aussi, au niveau agronomique et pratique, les objectifs opérationnels sont de :

- couvrir le sol toute l'année par une biomasse végétale : culture, couverture fourragère (vive ou desséchée par roulage ou herbicides), résidus de récolte ;
- « couvrir » littéralement le sol avec des enracinements profonds et fasciculés de plantes de couverture accédant aux réserves hydriques profondes, qui tiennent le sol vis à vis de l'érosion tout en l'enrichissant en carbone et en améliorant ses propriétés bio-physico-chimiques ;



Photos 9 et 10 : racines d'Eleusine, plante de couverture et en cours d'acclimatation en Tunisie.

- adopter les principes d'une « agriculture d'opportunité » c'est à dire ne rien prévoir rigoureusement à l'avance concernant les successions culturales mais s'adapter pratiquement en temps réel aux conditions hydriques (pluie, réserves du sol) optimisées grâce aux pratiques précédentes, et aux conditions thermiques ;
- effectuer un semis direct de la culture principale à l'automne le plus précocement possible mais après un épisode pluvieux d'au moins 40 mm sur 5 à 10 jours en s'assurant que cette eau est rentrée dans le sol (ce qui suppose une couverture pré-existante). En SCV, avec les réserves résiduelles en eau profonde (plus de 30/40 cm) devenant accessibles aux racines, la céréale possède une meilleure autonomie vis-à-vis d'éventuels déficits pluviométriques ;
- ne pas changer fondamentalement dans un premier temps, car ce ne serait sans doute pas accepté socialement, la gestion de l'alimentation ovine par pâturage des chaumes après la récolte (juin) ; mais viser à laisser le sol couvert le plus longtemps possible, soit par les résidus, soit par une couverture fourragère à semer dans la céréale.

34. Les résultats obtenus

On dispose maintenant d'observations sur quatre campagnes agricoles consécutives (1999-2000 à 2002-2003), dont les trois premières ont été marquées par la sécheresse et la dernière, au contraire, par des précipitations relativement abondantes et un épisode pluvieux exceptionnel en janvier 2003 ; l'ensemble a bien montré les avantages du semis direct, même s'il est pour l'instant pratiqué uniquement sur résidus de culture ; en effet l'utilisation de plantes de couverture en est encore au stade des tests préliminaires.

34.1. Résultats agronomiques

Pour les céréales, le semis direct s'est distingué des techniques conventionnelles par des améliorations sur le démarrage de la culture, l'enracinement, les composantes du rendement (tallage, densité des épis, nombre et poids des grains), la résistance à la sécheresse et la meilleure production en paille ; ce dernier critère est particulièrement important dans le contexte tunisien où la paille assure une grande part de l'alimentation des ovins et peut atteindre des valeurs marchandes significatives (en 2002, année de sécheresse sévère, il a même fallu en importer).

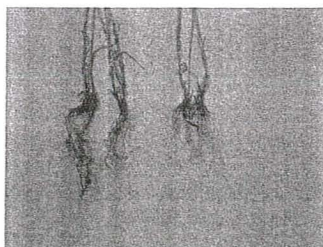


Photo 11 : meilleur enracinement des jeunes épis en semis direct (à gauche).

Les résultats s'améliorent avec le temps pour les parcelles cultivées depuis plusieurs années en semis direct.

Les effets ont été plus mitigés pour les légumineuses du fait d'une moins bonne maîtrise des mauvaises herbes sur ces cultures.

Du point de vue microéconomique, le semis direct permet une économie importante sur les coûts de travail du sol (labours et recroisements). La diminution observée est pour l'instant compensée par des coûts spécifiques liés aux semoirs spécialisés et aux fortes consommations d'herbicides (produits coûteux) nécessaires au semis direct ; ces coûts spécifiques devraient diminuer avec la diffusion des matériels, accompagnée de la généralisation de formules de location ou d'utilisation en commun, et la maîtrise du désherbage, faisant alors pencher nettement la balance économique du côté du semis direct. Ce dernier présente d'autres avantages importants pour les agriculteurs, dont le gain sur les temps de travaux et la meilleure accessibilité aux parcelles après les pluies pour réaliser les semis, grâce à un meilleur ressuyage du sol.

En résumé, plus que des améliorations spectaculaires et immédiates, le semis direct permet à la fois une stabilisation des rendements par résistance aux aléas climatiques et une amélioration tendancielle de la fertilité, de même qu'un élargissement des opportunités en termes de rotations, de successions culturales et de diversification, tout en offrant la possibilité de réduire significativement les coûts de production, ce qui a été parfaitement compris par les agriculteurs, de même que son potentiel de lutte contre l'érosion, détaillé au chapitre suivant.

342. Résultats en termes de gestion de l'eau et de lutte contre l'érosion

a) Gestion de l'eau

Les systèmes avec travail du sol peuvent, si le travail a été effectué dans de bonnes conditions (rugosité importante de surface, bon équilibre entre mottes et terre fine, absence de semelle de labour), présenter une meilleure capacité d'infiltration en début de campagne agricole en créant une forte porosité et en limitant les déplacements latéraux de l'eau. Ces conditions favorables peuvent éventuellement perdurer sur une bonne partie du cycle de culture, surtout sur des sols argileux plus stables. Cependant, si le sol est laissé sans protection, les états de surface se dégradent rapidement, la rugosité disparaît et le sol se ferme. Cette dégradation qui est accélérée en cas de pluies agressives est d'autant plus rapide que le sol aura été pulvérisé par les outils au départ.

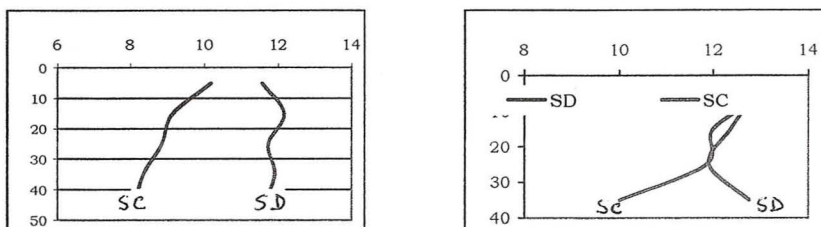
Par contre, si le travail du sol n'est pas effectué correctement (pulvérisation importante par les outils à disques, travail en conditions trop humides), comme c'est trop souvent le cas en Tunisie, le taux d'infiltration baisse rapidement avec la diminution de la porosité. De plus, les sols sont alors très sensibles à l'érosion en début de cycle (effet splash).

En revanche, les SCV, lorsqu'ils sont bien conduits, diminuent les pertes par évaporation et favorisent l'infiltration : sur le court terme, par le réseau de racines laissé en place, par la présence des résidus de cultures et des plantes de couverture, et par l'activité accrue de la macrofaune du sol qui bénéficie de davantage de ressources alimentaires et n'est plus perturbée par le travail du sol ; et sur le long terme, par une augmentation de la matière organique qui s'accompagne d'une meilleure stabilité des agrégats du sol. Parmi les premiers

résultats du programme, on a pu mesurer des différences de vitesses d'infiltration, qui passent de 12 mm/h en travail conventionnel à 33 mm/h en semis direct avec couverture de sorgho.

Quand survient une période sèche, les SCV permettent d'avoir plus d'eau à la disposition des plantes qui pourront consommer davantage et plus longtemps avant de subir un stress hydrique.

Les résultats du programme mené en Tunisie confirment ces effets, comme le montrent les schémas suivants sur le taux d'humidité des sols en système conventionnel et en semis direct. Ces observations montrent que l'humidité après une pluie peut être jusqu'à 30 % supérieure sous semis direct, notamment dans les horizons profonds (30 à 40 cm).



Schémas de comparaison de l'humidité du sol (abscisse, en %) en fonction de la profondeur (ordonnée, en cm) entre semis direct (en bleu) et techniques conventionnelles (en rouge)

A gauche : Goubellat, avril 2002 ; dernière pluie de 50 mm 1,5 jour avant le prélèvement avec un total sur la campagne de 250 mm

A droite : parcelle de blé dur au Krib, 2002 ; 250 mm d'eau sur la campagne jusqu'au prélèvement, une semaine après des pluies cumulant 10 mm

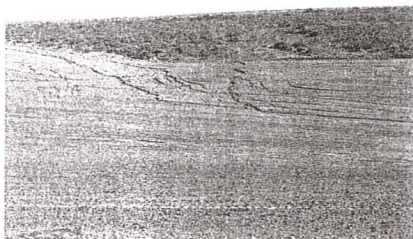
D'après Stéphane Chouen

b) Résistance à l'érosion :

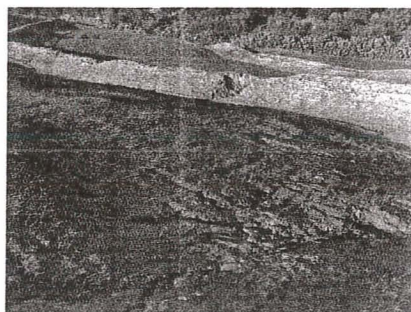
Contrastant avec les sécheresses des campagnes précédentes, les conditions de la campagne 2002-2003 ont bien mis en évidence le potentiel du semis direct pour lutter contre l'érosion. Après quelques orages de fin d'été et un mois d'octobre sec, le mois de novembre et le début du mois de décembre 2002 ont cumulé suivant les régions entre 150 mm (Goubellat, Siliana) et 250 mm d'eau (Mateur), tandis que d'importantes averses (environ 50 mm) sont intervenues les 10 et 11 janvier 2003. La pluviométrie cumulée depuis le début de saison (août 2002), jusqu'au 24 mai 2003 a atteint 1 200 mm à Mateur, 790 mm à Goubellat, et 930 mm au Krib, ce qui est supérieur d'environ 40% aux moyennes à cette date, et même supérieur à la moyenne de l'ensemble de l'année.

Dans les systèmes de culture traditionnels (sols travaillés), les dégâts causés par l'érosion en janvier 2003 ont été considérables, avec forte érosion laminaire dans les situations de faible pente et formation de ravines dès que la pente s'accroît, y compris sur les sols argileux plus stables dès lors que la pente est suffisante. Les parcelles de culture comportaient des griffes généralisées, plus ou moins importantes, fonction de la susceptibilité des sols à l'érosion et de l'intensité du travail du sol. Dans toutes les régions où le programme est implanté, des canyons se sont creusés, parfois de plusieurs mètres de profondeur. Les dégâts ont pu devenir catastrophiques à l'échelle des unités de paysage, même sur des pentes

protégées par des banquettes anti-érosives, où l'eau en est arrivée à décaper le sol et à faire apparaître la roche mère sur une part importante de la surface, tandis que la végétation là où le sol est encore présent était fortement hétérogène ; au cours de cette campagne, certains cordons de protection ont même cédé, concentrant les écoulements dans de nouvelles griffes d'érosion, de taille importante.

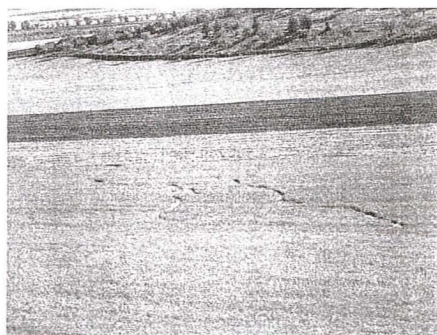


Photos 12 à 15 : dégâts de l'érosion sur les parcelles agricoles et sur les routes (janvier 2003).



Photos 16 et 17 : dégâts de l'érosion sur les banquettes, qui sont échancrées par les flux (à gauche), et sur les parcelles en interbanquettes (à droite - photos prises en janvier 2003).

Dans les mêmes zones, sur les parcelles en semis direct, même réalisé dans le sens de la pente, le sol ne comportait aucune griffe d'érosion récente, aucun dégât de surface, avec une végétation très homogène et bien développée. Le zéro travail sur résidus de récolte de céréales a donc permis de contrôler l'érosion, même lors de cette année de pluies fortes et agressives, y compris pour les sols à faciès sableux dominant, peu épais, et quelle que soit la pente (de 0 à 30 %). Des griffes d'érosion existantes ont même pu être stabilisées grâce au semis d'espèces pérennes comme le chiendent ou d'autres graminées.



Photos 18 et 19 : sur des parcelles adjacentes, bonne tenue à l'érosion du semis direct (zones intactes, en amont) par rapport aux techniques conventionnelles (zones traversées de griffes d'érosion, en aval) lors de l'épisode de fortes pluies de janvier 2003 - photos prises au Krib.

Enfin, dans le semis direct et les SCV, même s'il existe des chenaux d'écoulement de l'eau excédentaire, ils se transforment rarement en griffes et leur fond est souvent complètement stabilisé, surtout si on utilise en couverture des espèces rampantes à stolons.

343. Externalités et aspects macroéconomiques, sociaux et environnementaux

Tout comme la CES, le semis direct et les SCV ont des effets externes sur la recharge des nappes phréatiques, la protection des barrages et retenues collinaires contre l'envasement, et la protection des habitations, des périmètres irrigués et des infrastructures de transport contre les effets des crues et des inondations. Cependant, bien que les méthodes et les outils soient disponibles, il n'existe pas à notre connaissance de travaux d'évaluation économique de ces externalités dans des situations comparables à celle de la Tunisie.

Au plan macroéconomique, le semis direct et les SCV, en se diffusant, devraient permettre une économie budgétaire par réduction des investissements en CES à la charge de

l'Etat, ainsi qu'une baisse de la facture énergétique et probablement des importations de matériel de culture. Ils seront un atout pour améliorer la compétitivité de l'agriculture tunisienne face à la libéralisation inscrite dans les accords d'association avec l'Union Européenne et les échéances de l'OMC, qui devraient se traduire par une baisse des protections élevées dont bénéficient aujourd'hui les céréales produites localement.

Au plan social, le semis direct est facteur de requalification de la main-d'œuvre agricole et de réduction des temps de travaux, et donc de nouvelles opportunités pour les chefs d'exploitation. Il redonne de l'importance au savoir-faire de l'agriculteur et à la capacité de proposition du secteur privé de l'agro-fourriture par rapport au point de vue de l'administrateur, de l'expert ou du chercheur. En effet il est basé sur l'observation et l'application des mécanismes de la nature, exerce par essence pluridisciplinaire, pragmatique, et facteur de recomposition des rapports entre professionnels.

Au plan environnemental, le semis direct et les SCV créent des puits de carbone et interviennent donc favorablement dans le bilan des gaz à effet de serre.

4. Conclusions et perspectives

Les premiers résultats obtenus en Tunisie sont extrêmement prometteurs et montrent que le semis direct et les SCV peuvent devenir une véritable « CES sans l'Etat » sur les terres cultivées. Ces résultats seront progressivement publiés aux normes scientifiques et capitalisés, et le programme poursuivi afin de travailler davantage sur les plantes de couverture et sur une approche systémique intégrant l'élevage, pour bénéficier pleinement des possibilités des SCV.

Sur les terres de montagne ou de parcours, non cultivées, les enseignements des SCV et l'approche qui les sous-tend peuvent faire entrevoir des évolutions : donner une plus grande priorité à la végétalisation de préférence aux traitements mécaniques ou en complément de ceux-ci ; élargir la gamme, pour l'instant réduite en Tunisie, des espèces végétales utilisées en reforestation et aménagement de parcours ; et reconnaître, pour la reforestation, l'importance de l'enracinement en préférant des semis sur des terrains préalablement aménagés, même au prix d'un certain taux d'échec, à des plantations d'arbres qui demeurent longtemps dépendantes d'un apport d'eau extérieur puis de la régularité des pluies.

Références : Cet article est extrait de ou fait référence aux documents suivants :

CHOUEN S. Comparaison des techniques de conservation des eaux et du sol classiques et de la technique du semis sans labour - ferme du Krib (Adnen Abdrabou) - rapport technique, septembre 2003.

COLLINET J., ZANTE P., BALIEU O., GHESMI M. Cartographie des risques érosifs sur le bassin versant du barrage collinaire de Zanfour - mission IRD de Tunis, avril 2001.
Bull. Réunion Erosion 21 : 301-319.

CORBIER-BARTHAUX C. Conservation agriculture: a profitable response to desertification and land degradation in Africa - note de présentation au sommet mondial de Kyoto sur l'eau, JICA session « Agriculture, Food and Water - rural development methods and combating desertification for semi-arid areas in Africa », février 2003.

RAUNET M. Projet de recherche-développement sur le semis direct avec couverture végétale en Tunisie - contexte et propositions d'appuis scientifiques - rapport CIRAD, octobre 2002.

RICHARD J-F. Historique et point de la situation de l'expérimentation du semis direct en Tunisie - note AFD, septembre 2002.

ROJAT D. Développement de l'agroécologie et stockage de carbone dans les agricultures tropicales et méditerranéenne - accompagnement du semis direct en Tunisie. Rapport de présentation au Fonds Français pour l'Environnement Mondial, juin 2001.

SEGUY L. et SCOPEL E. Rapport de mission en Tunisie du 7 au 14 mars 2003 - rapport CIRAD, programme Gestion des Ecosystèmes Cultivés, juin 2003.

Les photographies sont de Jean-Claude Quillet et Stéphane Chouen.

Sur les externalités, consulter : DEMAILLY D. Méthodologie d'évaluation économique des externalités créées par les techniques de culture en Semis Direct en Tunisie - rapport de stage ENGREF-AFD, avril 2003.